

氏 名	高井 俊和
学 位 の 種 類	博士 (工学)
学 位 記 番 号	第 6126 号
授与報告番号	(甲)第 3446 号
学位授与年月日	平成 27 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当者
学 位 論 文 名	各種不確定要因を考慮した鋼橋の高力ボルト摩擦接合継手の 強度特性に関する研究
論文審査委員	主 査 教 授 山口 隆司 副主査 教授 鬼頭 宏明 副主査 准教授 松村 政秀

論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、高力ボルト摩擦接合継手を検討の対象とし、道路橋の設計体系が現在の許容応力度設計法から部分係数を用いた限界状態設計法へ移行する動きの中、降伏やすべり後の支圧状態といった各種限界状態における継手の強度特性、および製作、組立誤差などの各種不確定要因による継手強度の変動特性を明らかにすることを目的に検討を行った。

第 1 章は、本研究の背景および既往の研究についてまとめ、本研究の目的を明確にし、各章の概要を述べた。

第 2 章は、高力ボルト摩擦接合継手の降伏耐力を検討の対象とし、まず、設計基準の降伏耐力算定の差異を示した。継手の FEM 解析により、降伏挙動を明らかにし、さらに、設計基準の差異は、各基準が想定している降伏状態の定義が異なるためであることを明らかにした。

第 3 章は、高力ボルト摩擦接合継手の支圧終局挙動について、ボルト軸力導入のあり、なし、ボルト本数、継手の板幅、縁端距離をパラメータとした継手の引張載荷実験を行ない、終局耐力、ボルト孔の変形量、エネルギー吸収量の観点から望ましい縁端距離を提案した。

第 4 章では、母板に板厚差がありフィラープレートをはさみ込み、板厚差を調整した継手を対象に、道路橋示方書が規定している範囲外の板厚差が大きい場合も含めて FEM 解析を実施し、フィラープレートがすべり挙動に及ぼす影響を検討した。板厚差が大きいほどすべり耐力が低下し、その低下性状は、厚板側の母板とフィラープレートの板厚の比で定義される断面変化率との関連性が高いことを示すとともに、低下要因を明らかにした。

第 5 章では、母板が板厚方向に偏心した目違いのある対象に、目違いがすべり挙動におよぼす影響を FEM 解析により検討した。ボルト締め付け時の肌すきが大きいほどすべり耐力の低下が大きくなることを示した。また、すべり耐力の低下の原因として、ボルト締め付け時の連結板の曲げ変形によるボルトの軸力抜けと、接触圧の低下が原因であることを示した。

第 6 章では、高力ボルト摩擦接合継手の製作誤差に着目し、各種不確定要因がすべり耐力に及ぼす影響を検討した。すべり耐力に関連する製作誤差を調査し、既往の実験結果や FEM 解析を行い各種製作誤差がすべり耐力に及ぼす影響の度合いを明らかにした。また、ボルト列数、すべり／降伏耐力比などすべり挙動の違いにより、すべり耐力に影響が大きい製作誤差が異なることを示した。

第 7 章では、高力ボルト摩擦接合継手のすべり耐力に影響の大きい製作誤差に着目した FEM 解析を実施し、その結果から重回帰分析とモンテカルロシミュレーションにより、着目した製作誤差が変動した場合のすべり係数を評価した。その結果、設計すべり係数を下回る確率は非常に低いことを示し、さらに、目標確率を設定した場合の設計すべり係数を試算した。

第 8 章は、最後に本研究で得られた結論、および今後の課題と展望をまとめた。

論文審査の結果の要旨

我が国の道路橋の技術標準の一つである道路橋示方書では許容応力度設計法から限界状態設計法への移行が決まっており、現在、使用限界、終局限界などの各種限界状態における力学的挙動の解明や部分係数の導入のためのデータの蓄積が積極的に行われている。このような状況のもと構造物の全体挙動において重要な部材接合部の全体挙動を把握することは非常に重要であり、その基礎となる継手強度特性を、不確定要因を考慮した上で把握することは不可欠である。本論文は、研究事例が少なく力学的挙動が未解明な点も多い厚板の高力ボルト摩擦接合継手を対象に、実験とFEM解析により各種限界状態における力学的挙動を明らかにし、各種の不確定要因を考慮したすべり耐力の変動について検討を行っている。

まず、高力ボルト摩擦接合継手の降伏耐力について、道路橋示方書と鋼構造接合部設計指針における設計式を比較し、設計式の想定する降伏状態の差異を示し、FEM解析により継手の降伏挙動との対応関係を明らかにしている。次に、すべり後の支圧、終局挙動を明らかにすることを目的に、継手が破断するまでを対象とした載荷実験を行い、得られた終局耐力と各種設計式との関係を整理し、継手の構造諸元とボルト孔変形量、エネルギー吸収量との関係を考察し、望ましい縁端距離を提案している。また、母板に板厚差がありフィラーを用いた継手を対象に、構造諸元とすべり係数の低下性状との関係を検討し、断面変化率とその低下率と関連が高いことを示している。続いて、実施工の観点から組立誤差を想定し、接合面に肌すきのある場合のすべり耐力を解析的に検討し、ボルト締付け完了時の肌すき量とすべり耐力との関係を整理し、コバ面において接合面が密着してもすべり係数が低下することを示し、フィラーを挿入することですべり係数の低下を抑制できることを示している。さらに、継手のすべり耐力に関連性のある製作誤差の統計量を整理し、FEM解析により不確定要因がすべり耐力に及ぼす影響について、ボルト列数、すべり／降伏耐力比別に系統立てて検討し、支配的な要因を示している。加えて、それらの要因によるすべり係数の変動により、目標信頼性指標を設定した時のすべり係数の下限値を試算している。

以上のように、本論文は、研究事例が少ない厚板継手を検討の対象とし、高力ボルト摩擦接合継手の各種限界状態における挙動や製作の不確定要因によるすべり耐力の変動を定量的に評価し、限界状態設計法への移行に向けた重要な知見を多く与えており、新規性、有用性が高く、橋梁工学の発展に寄与するところが多い。したがって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格を有すると認める。